

Н.П. Семичевская, Р.В. Никитин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В статье описывается структура автоматизированной системы обработки и визуализации изображений, получаемых с помощью программно-аппаратного комплекса. Разработанный программный модуль обработки и визуализации изображений для рельефообразующего аппарата позволяет существенно упростить рутинную процедуру создания и обработки рельефно-графических изображений, а также существенно сокращает затрачиваемое на создание изображений время.

Ключевые слова: рельефно-графические изображения, рельефообразующий аппарат, обработка, визуализация изображений, фильтрация, оператор Собеля.

N.P. Semichevscaya, R.V. Nikitin

AUTOMATING THE PROCESS OF DISPLAYING IMAGES

The article describes the structure of the automated system of processing and visualization of images obtained with the help of hardware and software. The developed software module processing and visualization of images for the relief device, can greatly simplify the routine process of creating and processing of raised graphics, as well as significantly reduces spent on the creation of images, time.

Keywords: relief-art graphics, relief-forming device, processing, visualization of images, filtration, Sobel operator.

Введение

В настоящее время автоматизация информационных процессов существенно упрощает любые виды деятельности человека и используется в различных организациях, в том числе в библиотеках (специализированные библиотеки для инвалидов по зрению). В Благовещенске существует только одна библиотека подобного типа – «Амурская областная библиотека для незрячих и слабовидящих». Она выпускает для незрячих и слабовидящих различные издания, содержащие литературу укрупненного шрифта, барельефные изображения, текст Брайля, а также рельефно-графические изображения, помогающие незрячим с помощью тактильных ощущений «увидеть» то, что изображено на рисунке. Эта библиотека – средство реабилитации для незрячих людей, она помогает инвалидам по зрению лучше приспособиться к окружающему миру.

Обеспечение права незрячих и слабовидящих людей на беспрепятственный доступ к информации в надлежащем формате может стать первоочередной задачей не только в культурных и образовательных учреждениях, но и в лечебных заведениях и медицинских реабилитационных центрах. На основе автоматизированной системы обработки и визуализации изображений также можно разрабатывать лечебные методики с применением программно-аппаратного комплекса, формирующего

рельефные изображения, которые позволят получать и обрабатывать информацию слабовидящим пациентам офтальмологических клиник.

Разработанный программный модуль обработки и визуализации изображений для рельефообразующего аппарата позволит существенно упростить рутинную процедуру создания и обработки рельефно-графических изображений, а также существенно сократит время, затрачиваемое на создание этих изображений. Данный модуль дает возможность более точно и правильно производить обработку изображений – регулировать толщину линии и детализацию получаемого изображения, а в результате усовершенствовать деятельность сотрудников информационно-методического сектора библиотеки, заключающуюся в методической и информационной помощи незрячим и слабовидящим пользователям.

Характеристика функциональных подсистем программного модуля автоматизированной системы

В составе спроектированного модуля обработки изображений для рельефообразующего аппарата можно выделить следующие функциональные подсистемы: ввод данных, настройка изображения, обработка изображения, вывод изображения. Рассмотрим каждую из них более подробно.

Подсистема ввода данных представляет собой пользовательский интерфейс с удобным меню выбора исходного изображения, полосы прокрутки для настройки различных параметров обработки изображения и графического окна, позволяющего визуализировать исходное изображение. Ввод данных осуществляется в специальных графических формах в интерактивном режиме или с помощью импортирования из файлов.

Подсистема ввода необходима для ввода информации: выбора исходного (обрабатываемого) изображения, параметров детализации, толщины линии.

Подсистема ввода данных реализует следующие функции: предоставление удобных форм ввода данных; верификация вводимых данных; передача данных в другие подсистемы.

На рис. 1 представлено диалоговое окно для взаимодействия пользователя с системой.

На рис. 2 представлено диалоговое окно подсистемы ввода данных в режиме загрузки обрабатываемого изображения.

Подсистема настройки изображения представляет собой совокупность функций и процедур, реализованных в среде программирования MatLab. Данная подсистема включает следующие функции: получение данных из подсистемы ввода данных; настройка параметра детализации изображения и выполнение соответ-

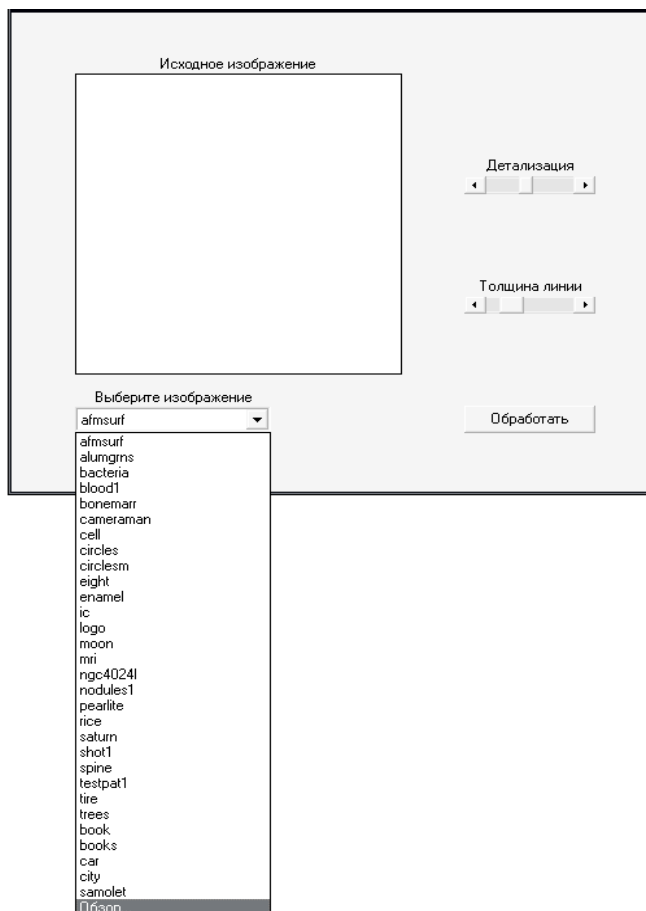


Рис. 1. Интерфейс пользователя автоматизированной системы обработки и визуализации изображений.



Рис. 2. Окно подсистемы ввода.

бражения функциями, улучшающими качество изображения; преобразование изображения в необходимый формат; обработка изображения – фильтрация методом Собеля; калибровка полученного изображения; передача полученного изображения в модуль вывода данных.

Подсистема вывода изображения представляет собой интерфейс – всплывающее графическое окно, позволяющее пользователю увидеть полученное при обработке изображение, сохранить его в памяти компьютера или отправить на печать рельефообразующим аппаратом. Источником данных для этой подсистемы является подсистема обработки изображений. По окончании работы этой подсистемы пользователь может отрегулировать параметры толщины линии или детализацию для получения более точного и правильного изображения на выходе, повторять операцию обработки изображения (с уже новыми настройками) неоднократно. Итерационный процесс представления изображения позволяет получать изображение нужного качества.

Результат работы подсистемы обработки изображения и вывода данных представлен на рис. 3.

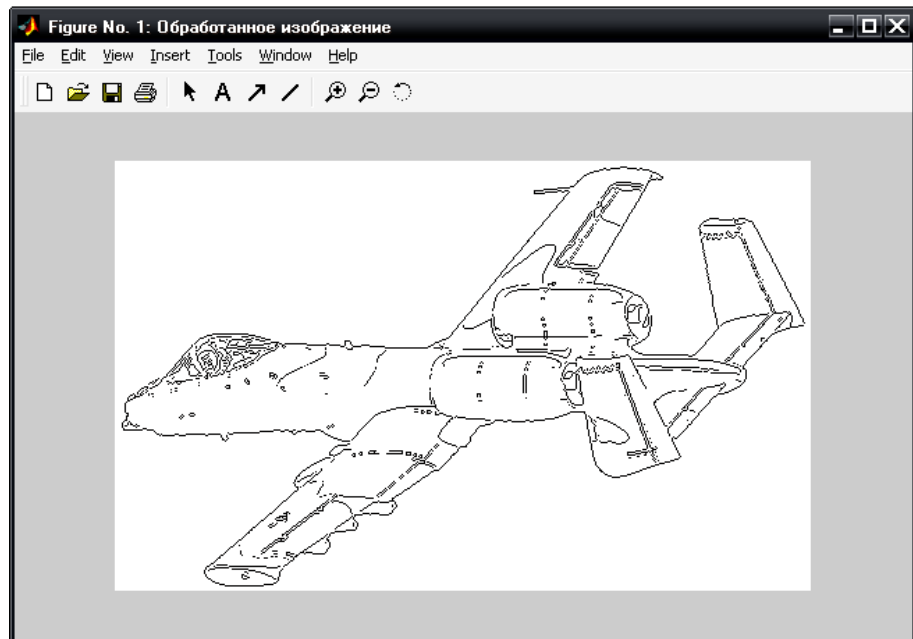


Рис. 3. Окно подсистемы вывода.

Результат работы подсистемы вывода обработанного изображения на печатающий рельефообразующий аппарат представлен на рис. 4.

вующих функций; настройка толщины линии и выполнение соответствующих функций; передача полученных данных и результатов выполнения функций в модуль обработки изображения.

Подсистема обработки изображения – это набор функций и процедур, реализующих обработку изображений, а также дополнительные фильтры, настраивающие изображение до и после обработки для формирования более четкой и точной границы изображения. Подсистема обработки изображения включает следующие функции: получение данных из модуля настройки изображения; калибровка и подстановка полученных данных в модуль обработки; предобработка изображения функциями, улучшающими качество изображения; преобразование изображения в необходимый формат; обработка изображения – фильтрация методом Собеля; калибровка полученного изображения; передача полученного изображения в модуль вывода данных.

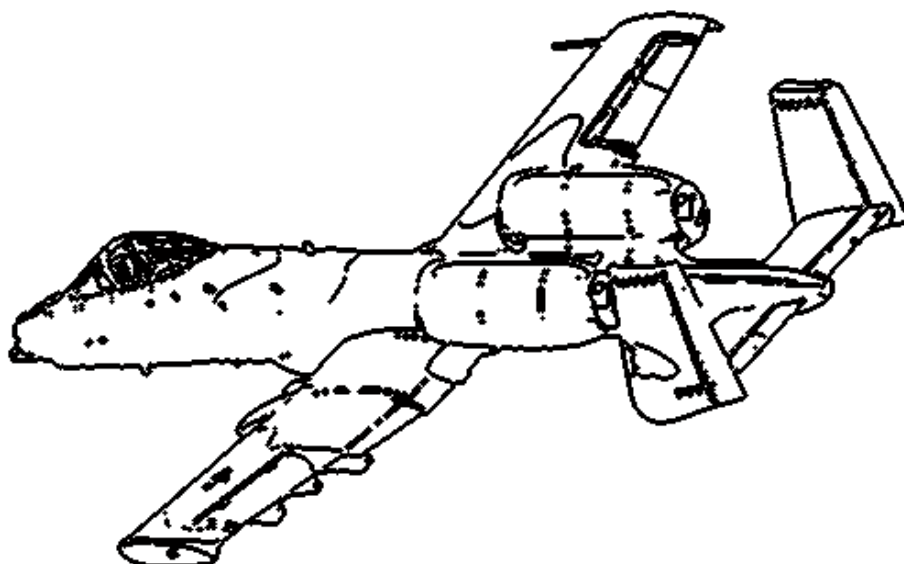


Рис. 4. Рельефно-графическое изображение на специальной бумаге после обработки и распечатанное рельефообразующим аппаратом.

Техническое обеспечение автоматизированной системы

Рельефообразующий прибор представляет собой техническое обеспечение автоматизированной системы визуализации. Функциональные возможности рельефообразующего прибора – получать рельефные изображения различных схем, графиков, планов, текстов, рисунков, изображений на специальной рельефообразующей бумаге, предназначенной для тактильного восприятия инвалидами по зрению. Принцип работы прибора основан на нагревании такой бумаги и получении на ней рельефного оттиска изображения. Высота объемного рисунка зависит от толщины черной линии-контура: чем она толще, тем более высоким будет рельеф, но высота рельефа ограничена.

Рельефообразующий аппарат представлен на рис. 5.



Рис. 5. Рельефообразующий аппарат, формирующий рельефный бумажный оттиск.

Программное обеспечение автоматизированной системы

Предварительная обработка зачастую занимает много времени, требует специальных навыков и умений работников, что негативно сказывается на деятельности всего сектора. Данная обработка изображений не является законченной процедурой получения готового рельефного изображения. Информационные блоки для незрячих и слабовидящих инвалидов могут формироваться автоматизированной системой, объединяющей аппаратное и программное обеспечение. К числу самых трудоем-

ких в исполнении относятся обработка изображения и построение четкой границы рельефно-графического изображения на специальной рельефообразующей бумаге в черно-белой гамме.

Программный модуль обработки изображений для рельефообразующего прибора представляет собой программное обеспечение автоматизированной системы обработки и визуализации изображений. Разрабатываемая система позволит точно и быстро получать обработанные и готовые к печати изображения в необходимом формате.

Математическое обеспечение автоматизированной системы

Совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, используемых в системе для решения поставленных задач, называется алгоритмическим обеспечением.

Одной из разрабатываемых подсистем является подсистема обработки изображений. Поскольку в ее основе лежит фильтрация изображений методом Собеля, необходимо выявить основные этапы работы этого оператора.

Большинство алгоритмов, выделяющих контуры на цифровых изображениях, основаны на вычислении градиента изображения. Один из наиболее ранних алгоритмов по обнаружению контуров изображения принадлежит Лоуренсу Робертсу. Данный алгоритм основан на дифференцировании амплитуды сигнала, что равносильно вычислению дискретных разностей амплитуд отсчетов [3]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} &\approx \Delta f_x(x, y) = f(x, y) - f(x-1, y); \\ \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} &\approx \Delta f_y(x, y) = f(x, y) - f(x, y-1).\end{aligned}\tag{1}$$

Градиент изображения вычисляется при помощи матриц свертки

$$\begin{aligned}G_x &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} * A, \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} * A, \\ G &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2},\end{aligned}\tag{2}$$

где A – двумерный массив исходного изображения; $*$ – оператор свертки; G – градиент изображения.

Перекрестный оператор Робертса является наиболее простым и быстрым методом выделения контуров. Для получения значительно большей скорости вычисления градиента (при снижении точности) оператор Робертса упрощается:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \quad A' = |a_{11} - a_{22}| + |a_{12} - a_{21}|,\tag{3}$$

где A' – маска обработанного изображения.

Оператор Д. Прюитта основывается на понятии центральной разницы [1]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} &= (f(x+1, y) - f(x-1, y)) / 2; \\ \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} &= (f(x, y+1) - f(x, y-1)) / 2.\end{aligned}\tag{4}$$

Благодаря этому оператору вычисляется градиент изображения по матрицам свертки

$$\begin{aligned}G_x &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A, \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * A, \\ G &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.\end{aligned}\tag{5}$$

В качестве недостатка оператора Прюитта можно назвать его чувствительность к шуму на изображении.

Аналогично оператору Прюитта, оператор Б.Собеля, который используется наиболее часто, опирается на понятие центральной разницы. Однако вес центральных пикселей увеличивается вдвое:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A, G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A, \quad (6)$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

Достаточно часто для повышения производительности – снижения количества арифметических операций, матрицы свертки Собеля представляют в виде произведений:

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * ([1 \ 0 \ -1] * A), G_y = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} * ([1 \ 2 \ 1] * A). \quad (7)$$

Названные методы основываются на одном из базовых свойств сигнала яркости – разрывности [1]. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски, называемой также фильтром, ядром, окном или шаблоном, которая представляет собой квадратную матрицу, соответствующую указанной группе пикселей исходного изображения. Процесс обработки именуется пространственной фильтрацией [1, 2].

Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения, в каждой точке (x, y) отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей. В случае линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Для маски 3×3 результат (отклик) R -линейной фильтрации в точке (x, y) изображения составит [2, 3]:

$$R = w(-1,-1)f(x-1, y-1) + w(-1,0)f(x-1, y) + \dots + w(0,0)f(x, y) + \dots + w(1,0)f(x+1, y) + w(1,1)f(x+1, y+1). \quad (8)$$

Оператор Прюитта, как и оператор Робертса, оперирует с областью изображения 3×3 . Использование такой маски задается следующими выражениями:

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3), \quad (9)$$

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7).$$

В этих формулах разность между суммами по верхней и нижней строкам окрестности 3×3 – приближенное значение производной по оси x , а разность между суммами по первому и последнему столбцам этой окрестности – производной по оси y . Для реализации этих формул используется оператор, описываемый масками на рис. 5 (оператор Прюитта).

Оператор Собеля использует область изображения 3×3 . Он похож на оператор Прюитта, а видоизменение заключается в использовании весового коэффициента 2 для средних элементов [2, 3]:

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3), \quad (10)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7).$$

Это увеличенное значение используется для уменьшения эффекта сглаживания за счет придания большего веса средним точкам.

Рассмотренные алгоритмы, реализованные в автоматизированной системе обработки изображений, позволяют формировать на рельефно-графических изображениях более точную и четкую границу.

Заключение

Автоматизация процессов обработки и визуализации изображений участвует в деятельности информационно-методического сектора в государственном бюджетном учреждении культуры Амурской областной – специальной библиотеке незрячих и слабовидящих. В результате исследований был выявлен существенный недостаток – высокая занятость работников библиотеки в обработке рельефно-графических изображений. Для решения данной проблемы и был разработан программный модуль обработки изображений для рельефообразующего аппарата, выполняющий все функции по обработке изображений и распечатке полученного рельефного изображения в требуемом формате.

Данный модуль может быть усовершенствован путем добавления в него новых функций обработки исходных изображений в различных форматах. Одним из возможных вариантов его развития может стать создание внутренней БД хранимых изображений по жанрам, а также интеграция данного программного кода в иную среду программирования, – например, C++ или Delphi – для обеспечения контроля авторизации пользователей и реализации многих других функций.

-
1. Гонсалес, Р., Вудс, Р., Эддинс, С. Цифровая обработка изображений в среде MatLAB. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
 2. Фисенко, В.Т., Фисенко, Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
 3. Попов, Г.А., Хрящёв, Д.А. Об одном методе низкочастотной фильтрации гидролокационных изображений // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Серия: «Морская техника и технология». – 2010. – № 1. – С. 63-68.